

REC: 10 SEP 2001
PCT

PCT/JP01/06232

日本国特許庁

JAPAN PATENT OFFICE

18.07.01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年 7月18日

出願番号

Application Number:

特願2000-217285

出願人

Applicant(s):

日本精工株式会社

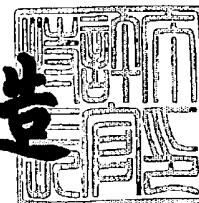
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2001年 8月24日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3074668

【書類名】 特許願

【整理番号】 200107

【提出日】 平成12年 7月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F16C 29/06

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

【氏名】 宇山 英幸

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

【氏名】 植田 光司

【特許出願人】

【識別番号】 000004204

【氏名又は名称】 日本精工株式会社

【代表者】 関谷 哲夫

【代理人】

【識別番号】 100066980

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 哲也

【選任した代理人】

【識別番号】 100075579

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 嘉昭

【選任した代理人】

【識別番号】 100103850

【弁理士】

【氏名又は名称】 崔 秀▲てつ▼

特2000-217285

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001638

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9006534

【包括委任状番号】 9402192

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 転動装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外方部材と内方部材との間に転動体を配設する転動装置において、前記外方部材及び内方部材の少なくとも一つが β 型又は $\alpha + \beta$ 型チタン合金で構成され、且つその部材の完成品表面硬さがHv400以上600未満であることを特徴とする転動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、転がり軸受、ボールネジ、直動案内装置等のように、外方部材と内方部材との間に転動体を配設する転動装置に関し、特に半導体製造装置や化学繊維製造機のように、水や海水、化学薬品等の腐食性環境下で使用されるものや、半導体製造装置、液晶製造装置、X線或いは電子線を使用する計測装置のように、磁場を利用する機械装置に使用されるものや、非磁性が要求される環境下で使用されるものに好適なものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、転がり軸受などの転動装置の材料としては、主に高炭素クロム軸受鋼や肌焼鋼のような鉄鋼材料が一般的に使用されている。また、近年、転動装置の仕様環境は多種多様であり、水中、塩水中、或いは酸・アルカリ等の腐食性環境下で使用されることもあることから、高い耐食性が要求される部位で 사용되는場合には、ステンレス鋼製の転動装置も使用されている。

【0003】

しかしながら、近年、転動装置の仕様環境はより過酷になっており、ステンレス鋼製でも耐食性が不足する場合が生じている。そこで、特開平11-223221号公報では、軌道輪が、Hv600以上に強化されたチタン合金からなり、転動体がセラミックス製の転がり軸受が提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、一般に、チタン合金の強化は、 β 相から α 相を微細に析出させることによってなされる。前記従来技術のように、チタン合金をHV600以上にするためには、 β 相から α 相が十分に析出した状態になっていなければならない。しかしながら、 α 相は、 β 相よりも耐食性に劣るため、析出した α 相が過剰になると、使用環境によっては、耐食性に問題が生じる場合がある。

【0005】

また、チタン合金をHV600以上にするためには、多くの場合、冷間加工或いはショットピーニング等を行う必要があり、これらの工程が増えることによりコストアップにつながる。

一方、半導体製造装置、液晶製造装置、X線或いは電子線を使用する計測装置などのように、磁場を利用する装置や磁場によって測定精度が低下する装置が増加している。このような装置に使用される転動装置は、回転によって周辺磁場を乱さないために非磁性が要求される。そこで、このような装置には、非磁性ステンレス鋼製或いはベリリウム銅製の転動装置が用いられている。

【0006】

しかし、従来の非磁性ステンレス鋼の透磁率は1.04~1.002程度であり、電子線などを用いる分析装置や測定装置では、転動装置が僅かに磁化するだけでも精度不良の原因になる場合があるため、非磁性ステンレス鋼は使用できない。

より完全に近い非磁性が要求される場合には、透磁率1.001以下のベリリウム銅を用いる場合が多い。しかしながら、ベリリウム銅を構成する元素ベリリウムやその化合物の一部は、環境負荷物質と認識されており、使用に際して制約を受けることがある。また、今後更に社会的に環境問題が重視されることが予測されるため、ベリリウム銅そのものの使用量が減少する可能性もある。また、ベリリウム銅は、最大硬さがHV400程度であり、高面圧下では早期摩耗が生じるという問題もある。

【0007】

本発明は前記諸問題を解決すべく開発されたものであり、耐食性に優れ、高い

非磁性と硬さを有する転動装置を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

かかる諸問題を解決するために、本発明に係る転動装置は、外方部材と内方部材との間に転動体を配設する転動装置において、前記外方部材及び内方部材の少なくとも一つが β 型又は $\alpha + \beta$ 型チタン合金で構成され、且つその部材の完成品表面硬さがHv400以上600未満であることを特徴とするものである。

【0009】

β 型又は $\alpha + \beta$ 型チタン合金の熱処理は、 α / β 変態点直上或いは直下の温度から、加熱保持による溶体化処理をして、金属組織をほぼ β 相にする。その後、徐冷による時効処理を施し、 β 相から α 相を微細に析出させることによって、硬さを向上させる。

チタン合金は、非常に耐食性に優れた金属であるが、特に β 相は、添加されている合金元素を多く固溶することができるため、非常に耐食性に優れる。一方、 α 相は、固溶することができる合金元素の量が少ないため、前述のように β 相と比較して耐食性がやや劣る。

【0010】

時効処理によって、 β 相から α 相を析出させた場合には、 α 相の析出に伴い、 β 相中に β 安定化合金元素が濃縮する。そのため、 α 相の析出量が多くなると、 α 相と β 相との耐食性の違いが大きくなり、局部的に腐食を起こす恐れがある。そこで、より腐食性が高い環境下でも好適に使用できるように、 β 型或いは $\alpha + \beta$ 型チタン合金中の β 相を或る程度残留させる必要がある。

【0011】

しかし、一方で、 β 相は α 相より軟質なため、 β 相の量が多すぎると、耐食性は優れていても、転動装置として使用できない。そこで、高耐食性を保持し、更にコストアップを招く冷間加工やショットピーニングなどの工程を必要とせず、溶体化処理及び時効処理での α 相及び β 相の金属組織制御について鋭意研究を行ったところ、チタン合金の硬さをHv400以上600未満にすることによって、耐食性に非常に優れ、且つ転動装置としても良好に使用し得ることを見出した

【0012】

Hv400以上600未満という硬さは、従来、特殊環境用転動装置として使用されているSUS630或いはYHD（登録商標：日立金属株式会社）50等のステンレス鋼と同程度であり、それほど高負荷でない場合には転動装置として十分に使用可能である。

また、転がり軸受などの転動装置の内・外方部材と転動体との接触面は、接触楕円と呼ばれる楕円状になり、この面積は非常に小さいため、転動装置に応力が加わったときには、接触面に非常に大きな面圧がかかる。ここで、ステンレス鋼のヤング率が約200GPaであるのに対して、チタン合金のヤング率は約110GPa程度である。これは、転動装置に応力が加わったとき、チタン合金製内・外方部材の方が、変形が大きく、接触面積が大きくなることを表している。計算上では、チタン合金製転がり軸受の接触楕円の面積は、ステンレス鋼製転がり軸受のそれより大きく、チタン合金製転がり軸受の接触楕円における最大接触面圧は、ステンレス鋼製転がり軸受のその0.8倍程度になる。従って、本発明のチタン合金製転動装置は、従来のステンレス鋼製転動装置より、内・外方部材と転動体との接触面積が大きくなり、接触面圧が下がり、転がり疲労が緩和され、転動装置として良好である。

【0013】

一方、内・外方部材の表面硬さがHv400未満になると、面圧が低くても、摩耗が急激に生じやすくなる。また、ゴミなどの異物が混入した際に圧痕が生じやすくなり、寿命が短くなる。従って、本発明における内・外方部材の表面硬さはHv400以上でなければならない。なお、より耐摩耗性が要求される場合には、好ましくは表面硬さをHv450以上とする。更に、より耐食性或いは耐摩耗性が要求される場合には、窒化处理或いは酸化处理などの表面硬化熱処理によってチタン合金をより高硬度及び高耐食にすることができる。

【0014】

また、チタン合金の透磁率は1.001以下であり、この値は、ほぼ完全に近い非磁性であり、電子線などを用いる分析装置や測定装置でも、回転によって周

辺磁場に影響を与えることはない。従って、これらの装置に用いても、精度不良の原因になることはなく、良好に使用できる。

但し、転動体や保持器が非磁性体でない場合、これらが磁化すると、前述のような装置の精度不良の原因となる。従って、転動装置に非磁性が要求される場合、転動体及び保持器も、チタン合金からなる内・外方部材と同等或いはそれ以下の透磁率である必要がある。転動体に具体例としては、チタン合金製転動体を始め、窒化珪素、炭化珪素、ジルコニア系セラミックス、アルミナ系セラミックス、サイアロン系セラミックスなどのセラミックス製転動体などが例示できる。また、保持器の具体例としては、ポリアミド、フッ素樹脂等の樹脂製保持器、或いは黄銅、SUS304等が例示できる。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について説明する。

図1は本実施形態の転がり軸受の断面図である。この転がり軸受は、外輪1、内輪2、転動体3、保持器4、及びシール5から構成される、呼び番号6001（内径12mm、外径28mm、幅8mm）の玉軸受である。このうち、外輪1及び内輪2、つまり軸受軌道輪には、 $\alpha + \beta$ 型チタン合金Ti-6Al-4V、及び β 型チタン合金Ti-15Mo-5Zr-3Al及びTi-15Mo-5Zrを用いた。転動体3は窒化珪素球であり、保持器4はフッ素樹脂保持器である。

【0016】

前記軌道輪は、前記チタン合金を旋削加工した後、溶体化処理及び時効処理を施し、その後、研削加工した。溶体化処理は、Ti-6Al-4Vは950℃～1000℃、Ti-15Mo-5Zr-3Al及びTi-15Mo-5Zrは800℃～850℃で1時間保持し、水冷して行った。時効処理条件は、全て350℃～500℃で、3時間～40時間行った。冷却は、通常空冷で行ったが、析出組織を微細にして、硬さを向上させる必要があるものには、炉冷によって冷却速度を遅くした。また、より均一微細に α 相を析出させる必要のあるものには、まず425℃で17時間時効処理し、その後、475℃で7時間時効処理する、

二段時効処理を用いた。

【耐食性試験】

作成した転がり軸受軌道輪の外輪を約25℃の5N-H₂SO₄硫酸液中に24時間浸漬し、腐食によって生じる重量の減少量を測定した。

【転がり寿命試験】

作成した転がり軸受に対し、図2に示す試験装置で、5%塩化ナトリウム水溶液（以下、塩水）中で転がり寿命試験を行った。図中の符号10は試験軸受、11は治具、12はモータ、13は回転軸、14はアキシアル荷重制御バネ、15はラジアル荷重負荷ワイヤである。試験条件は以下の通り。

【0017】

ラジアル荷重：49N

アキシアル荷重：19.6N

回転速度：1000rpm

潤滑：無潤滑

表1に、本発明の実施例及び比較例の軌道輪材料、時効処理条件、表面硬さ、硫酸耐食性試験後の腐食減量、及び塩水中転がり寿命試験における転がり寿命比を示す。なお、転がり寿命比は、比較例1の転がり寿命を1として標準化した。

【0018】

【表1】

No.	軌道輪材料	時効処理条件	表面硬さ (Hv)	硫酸中 腐食減量(g)	塩水中 転がり寿命比
1	Ti-6Al-4V	500°C×6h	406	0.0002	2.2
2	Ti-6Al-4V	450°C×20h(炉冷)	427	0.0002	2.5
3	Ti-15Mo-5Zr-3Al	450°C×16h	453	0.0001	2.4
4	Ti-15Mo-5Zr-3Al	425°C×17h+475°C×7h(炉冷)	479	0.0001	2.9
5	Ti-15Mo-5Zr	450°C×20h(炉冷)	552	0.0002	3.0
6	Ti-15Mo-5Zr	350°C×40h	592	0.0001	3.5
1	Ti-6Al-4V	500°C×3h	361	0.0002	1.0
2	Ti-15Mo-5Zr-3Al	450°C×8h	393	0.0001	1.3
3	Ti-15Mo-5Zr-3Al	冷間加工+450°C×20h	605	0.0005	3.2
4	Ti-15Mo-5Zr	冷間加工+450°C×20h	615	0.0008	3.7
5	Ti-15Mo-5Zr	冷間加工+350°C×40h	630	0.001	3.5
6	SUS440C	—	670	0.5	0.9
7	SUS630	—	455	0.1	1.2
8	ベリリウム銅	—	397	0.009	1.0

実施例

比較例

【0019】

本発明の実施例1～6は、金属組織中の析出 α 相及び残留 β 相を適量に制御す

るために、表面硬さをHv400以上600未満に調整したチタン合金製軌道輪であり、硫酸中耐食性試験においても腐食減量は僅かであり、優れた耐食性を示している。また、転動装置として必要な硬さと優れた耐食性を備えているため、塩水中転がり寿命試験においても転がり寿命が長い。

【0020】

比較例1及び比較例2は、実施例と同様の合金成分のチタン合金であるが、金属組織中の α 相の微細析出が不十分で β 相の量が多いため、表面硬さがHv400未満である。そのため、硫酸中でも優れた耐食性を示すが、軌道輪表面硬さがHv400未満と低く、転動装置として要求される硬さが不足し、耐摩耗性が悪く、転がり寿命は短い。

【0021】

比較例3～5も、実施例と同様の合金成分のチタン合金であるが、冷間加工を加えることによって表面硬さをHv600以上にした。表面硬さも高く、塩水溶液中のような軽度な腐食環境下では、優れた耐食性を示し、塩水中での転がり寿命は長い。しかし、硫酸中のような厳しい腐食環境下では、 α 相の析出が過剰であるため、前記実施例に比して腐食減量が多く、耐食性に劣る。そのため、比較例3～5は、水、塩水、弱酸、弱アルカリなどの軽度の腐食環境下では良好に使用できると考えられるが、強酸、強アルカリなどの厳しい腐食環境下では使用できない。

【0022】

比較例6～8は、ステンレス鋼製或いはベリリウム銅製軌道輪である。チタン合金と比較して、硫酸中での腐食減量が著しく多く、硫酸中の耐食性は著しく劣る。そのため、厳しい腐食環境下で使用することは困難である。更に、塩水中のような軽度の腐食環境下でも、チタン合金と比較して耐食性に劣る。そのため、比較例6はSUS440C製軌道輪であり、表面硬さは高いにも関わらず、耐食性は最も悪いため、塩水中転がり寿命は短い。また、比較例7及び比較例8は、析出硬化型ステンレス鋼製軌道輪及びベリリウム銅製軌道輪である。硬さはチタン合金と同程度であるが、耐食性に劣るため、塩水中転がり寿命が短い。

【0023】

図 3 は、前記硫酸中耐食性試験における腐食減量と表面硬さとの関係を示したものである。チタン合金は、ステンレス鋼及びベリリウム銅と比較して、圧倒的に耐食性に優れていることが分かる。しかし、Hv 600 以上のチタン合金では耐食性が低い。そのため、転動装置の内・外方部材としての表面硬さは Hv 600 未満が望ましい。

【0024】

図 4 は、前記塩水中転がり寿命試験における転がり寿命比と表面硬さとの関係を示したものである。表面硬さが Hv 400 以上になると転がり寿命が大幅に向上することが分かる。そのため、転動装置の内・外方部材としての表面硬さは Hv 400 以上が望ましい。

これらの結果から、塩水中のような軽度の腐食環境下では、表面硬さが Hv 600 以上のチタン合金製軌道輪でも転がり寿命は長い、硫酸中では Hv 600 以上になると耐食性が劣る。硫酸中などにより厳しい腐食環境下では、転動部材として使用し得る硬さを備えていることに加えて、より高い耐食性を備えていなければならない。そのためには、チタン合金の金属組織中の析出 α 相及び残留 β 相を適量に制御する必要があり、表面硬さを Hv 400 以上 600 未満に調整することにより、所望の性能の転動装置を得ることができる。

【0025】

次に、前述と同様のチタン合金を用い、前述と同様の溶体化処理、時効処理を施して、試験軸受を作成し、磁束密度変化測定試験を行った。これは、非磁性が要求される環境下で、良好に使用できることを検証する試験である。

〔磁束密度変化測定試験〕

磁束密度変化測定試験の試験装置を図 5 に示す。図中の符号 10 は試験軸受、13 は回転軸、16 は永久磁石、17 はテスラーメータである。回転による周辺磁場への影響を調査するために、永久磁石 16 は試験軸受 10 の周囲に設置し、試験軸受 10 を 500 rpm で回転させたときの磁束密度の変化をテスラーメータ 17 で測定した。テスラーメータ 17 で測定した磁束密度が図 6 に示すような波形を示し、最大磁束密度変化が 0.1 mT 以上になったものを磁束密度変化：有りとし、0.1 mT 未満のものを磁束密度変化：無しとした。表 2 a に本発明

の実施例及び比較例の軸受の構成及び磁束密度変化測定試験の結果を示す。なお、表2bには、用いた各材質の透磁率を示す。比較例に用いた非磁性ステンレス鋼はYHD（登録商標：日立金属株式会社）50である。また、比較例に用いたベリリウム銅は、ベリリウム元素を2重量%含む銅合金である。また、保持器に用いた樹脂は、PTFE（ポリテトラフルオロエチレン）である。

【0026】

【表 2】

(a)

	試験No.	軌道輪	転動体	保持器	磁束密度変化
実施例	11	Ti-6Al-4V	Si ₃ N ₄	樹脂	無し
	12	Ti-6Al-4V	アルミナ系セラミックス	樹脂	無し
	13	Ti-15Mo-5Zr-3Al	Si ₃ N ₄	樹脂	無し
	14	Ti-15Mo-5Zr-3Al	SiC	樹脂	無し
	15	Ti-15Mo-5Zr	Si ₃ N ₄	樹脂	無し
	16	Ti-15Mo-5Zr	ジルコニア系セラミックス	樹脂	無し
比較例	11	Ti-6Al-4V	Si ₃ N ₄	SUS304	有り
	12	Ti-15Mo-5Zr-3Al	SUS440C	樹脂	有り
	13	Ti-15Mo-5Zr	SUS440C	樹脂	有り
	14	ベリリウム銅	Si ₃ N ₄	SUS304	有り
	15	非磁性ステンレス	Si ₃ N ₄	樹脂	有り

(b)

	材質	透磁率
軌道輪	Ti-6Al-4V	1.001以下
	Ti-15Mo-5Zr-3Al	1.001以下
	Ti-15Mo-5Zr	1.001以下
	ベリリウム銅	1.001以下
	非磁性ステンレス	1.001より大
転動体	Si ₃ N ₄	1.001以下
	SiC	1.001以下
	ジルコニア系セラミックス	1.001以下
	アルミナ系セラミックス	1.001以下
	SUS440C	1.001より大
保持器	樹脂	1.001以下
	SUS304	1.001より大

【0027】

表 2 から明らかなように、実施例 11～16 は、内・外方部材である軌道輪に透磁率 1.001 以下のチタン合金を用い、転動体及び保持器にも透磁率 1.001 以下の非磁性材料を用いているため、軸受を回転させた際の最大磁束密度変化は、全て 0.1 mT 未満で、非磁性を要求される環境下でも良好に使用できる

【0028】

比較例 1 1 及び比較例 1 4 は、軌道輪には透磁率 1. 0 0 1 以下のチタン合金
 或いはベリリウム銅を用いているが、保持器に透磁率が 1. 0 0 1 より大きい S
 U S 3 0 4 を用いているため、軸受回転による磁束密度変化が生じた。

比較例 1 2 及び比較例 1 3 は、軌道輪はチタン合金であるが、転動体に透磁率
 が 1. 0 0 1 より大きい S U S 4 4 0 C を用いているため、軸受回転による磁束
 密度変化が生じた。

【0029】

比較例 1 5 は、軌道輪に透磁率が 1. 0 0 1 より大きい非磁性ステンレス鋼を
 用いているため、軸受回転による磁束密度変化が生じた。

つまり、軸受回転によって磁場を乱さないためには、軌道輪、転動体、保持器
 に全て透磁率 1. 0 0 1 以下の非磁性材料を用いる必要がある。従って、チタン
 合金製内・外方部材を備えた本実施形態の転動装置は、転動体及び保持器に透磁
 率 1. 0 0 1 以下の非磁性材料を用いることによって、非磁性を要求される環境
 下でも良好にしようできることが確認された。

【0030】

なお、本発明の転動装置に用いられるチタン合金は前述に限定されるものでは
 なく、表面硬さを H v 4 0 0 以上 6 0 0 未満にすることができるものであれば、
 チタン合金の種類を問わず、良好に使用することができる。

また、前記実施形態では、転がり軸受軌道輪を対象としたが、本発明の転動装
 置は、耐食性、非磁性及び転動疲労寿命に優れた効果を発揮するため、転がり軸
 受に限らず、その他の転動装置、例えばボールネジやリニアガイドなどの直動案
 内装置にも同様に展開可能である。この場合、ボールネジにあっては、ナットが
 外方部材で、雄ネジ軸が内方部材であり、直動案内装置にあっては、ベアリング
 が外方部材で、レールが内方部材であり、勿論、転がり軸受では外輪が外方部材
 で、内輪が内方部材であると定義する。

【0031】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の転動装置によれば、内・外方部材をチタン合金で構成し、その部材の完成品表面硬さをHv400以上600未満としたため、耐食性に優れるばかりか、腐食環境下でも優れた転がり寿命を達成し、同時に高い非磁性を有し、回転によって磁場を乱してはいけない装置にも好適に使用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の転がり軸受の一実施形態を示す縦断面図である。

【図2】

転がり寿命試験装置の説明図である。

【図3】

表面硬さと腐食減量との関係を示す説明図である。

【図4】

表面硬さと転がり寿命比との関係を示す説明図である。

【図5】

磁束密度変化測定試験装置の説明図である。

【図6】

磁束密度変化の説明図である。

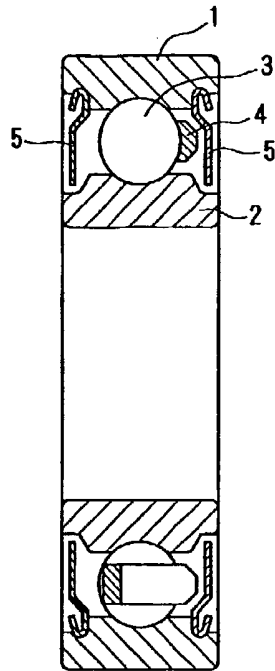
【符号の説明】

- 1 は外輪（外方部材）
- 2 は内輪（内方部材）
- 3 は転動体
- 4 は保持器
- 5 はシール

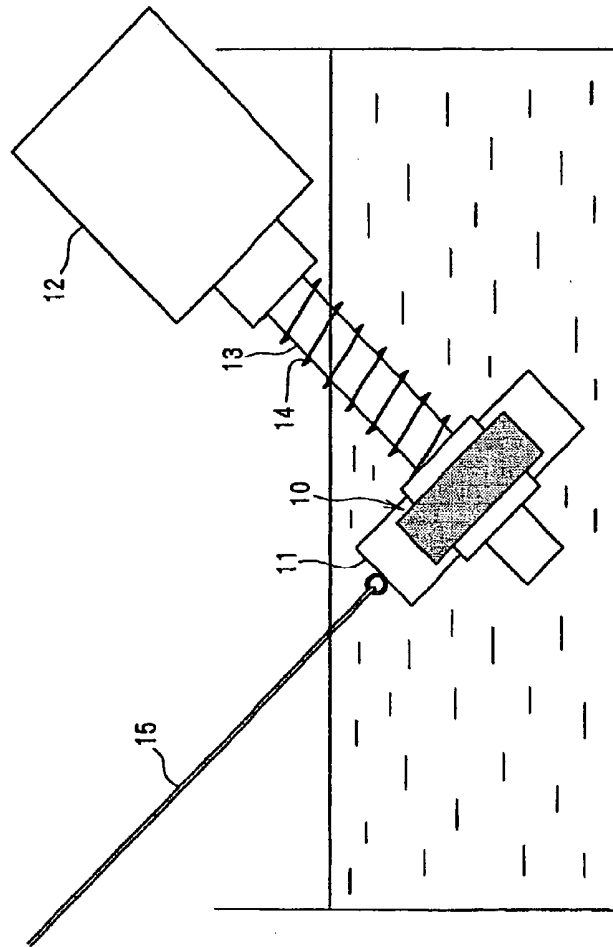
【書類名】

図面

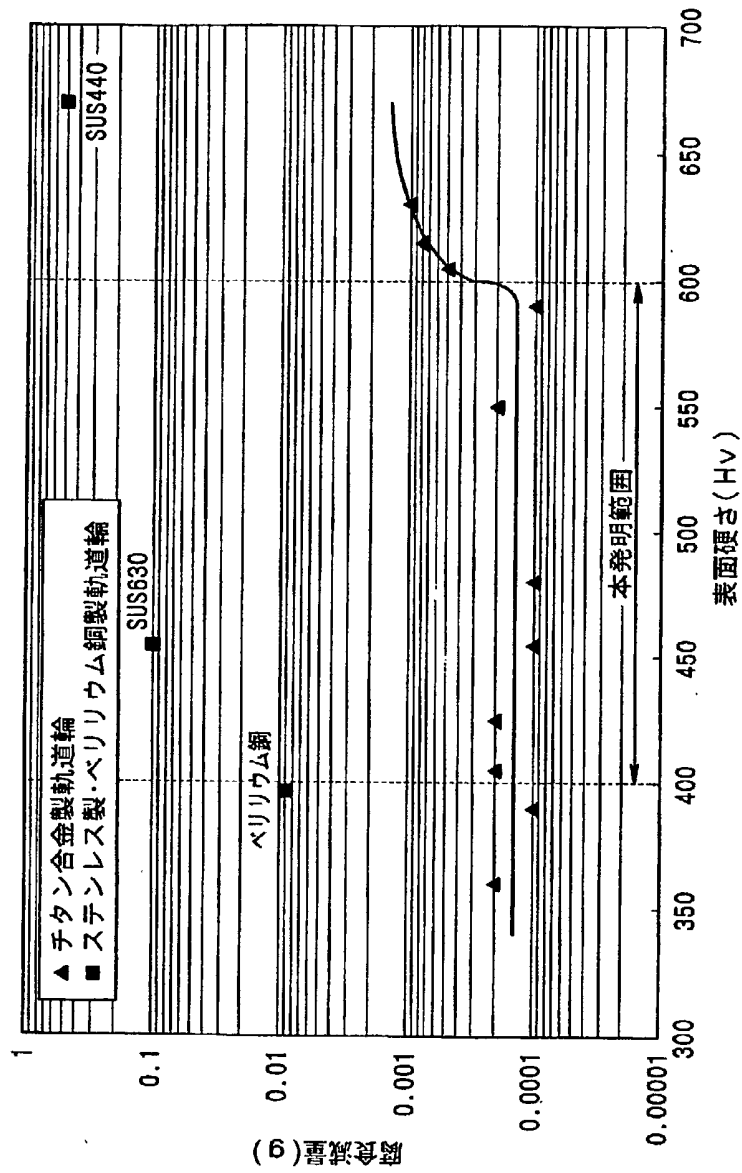
【図1】



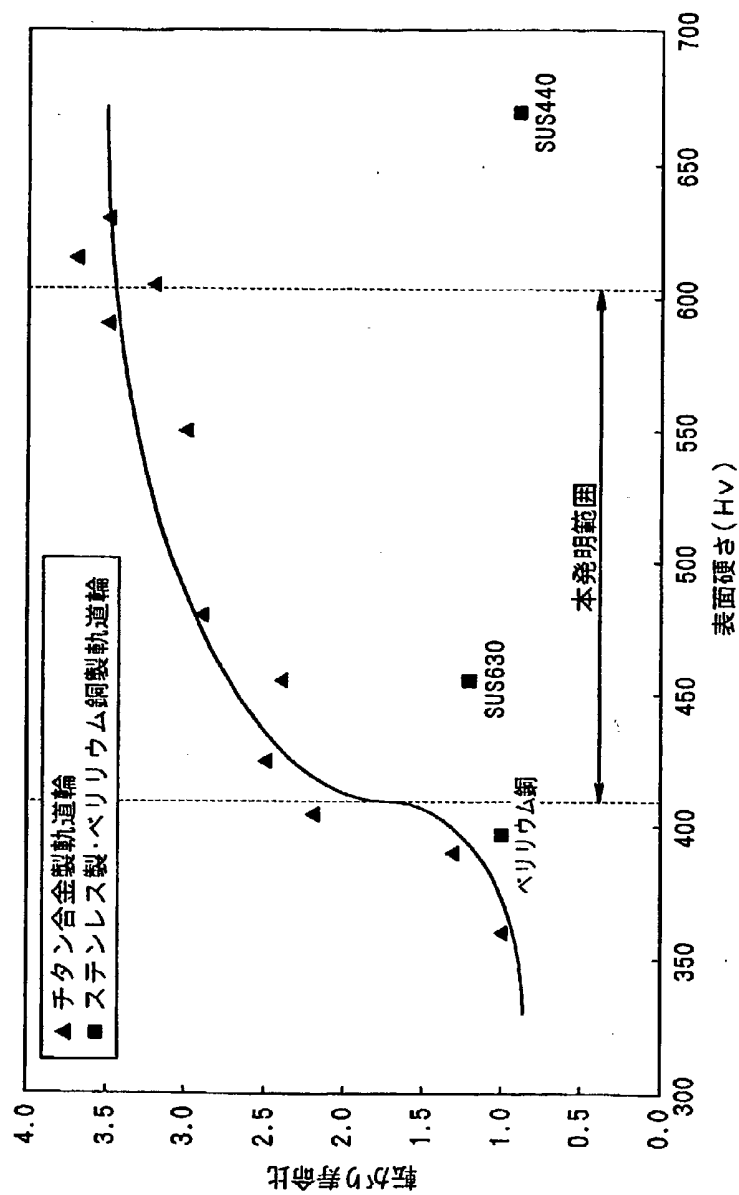
【図2】



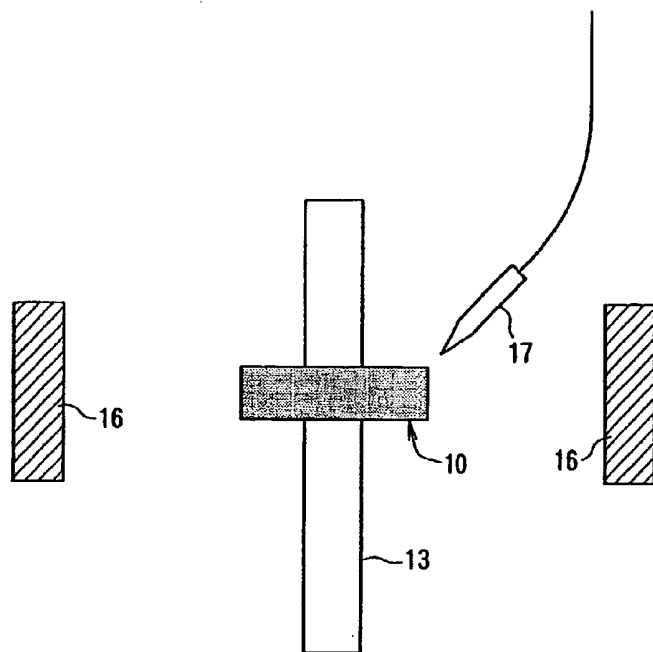
【図3】



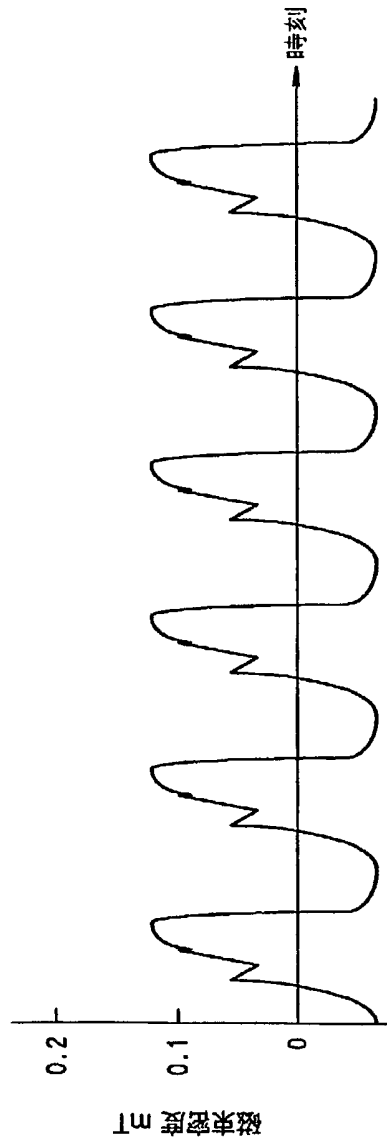
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】耐食性に優れ、転がり寿命も長く、回転に伴って磁場を乱すことのない
転動装置を提供する。

【解決手段】転がり軸受の場合、外方部材である外輪 1 及び内方部材である内輪
2 をチタン合金で構成し、その表面硬さを $Hv\ 400$ 以上 600 未満とすること
により、析出 α 相と残留 β 相とのバランスをとって、転がり寿命と耐食性とを両
立する。また、チタン合金は透磁率が極めて低いので、転動体 3 や保持器 4 に非
磁性材料を用いることにより、高い非磁性を達成することができるので、回転に
伴って磁束密度を変化させることが無く、磁場を乱すこともない。

【選択図】 図 1

特2000-217285

出願人履歴情報

識別番号

[000004204]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区大崎1丁目6番3号
氏 名	日本精工株式会社